



Brazilian Journal of OTORHINOLARYNGOLOGY

www.bjorl.org



ARTIGO ORIGINAL

Speech perception performance of subjects with type I diabetes mellitus of noise[☆]



Bárbara Cristiane Sordi Silva^a, Erika Barioni Mantello^{a,*},
Maria Cristina Foss Freitas^b, Milton César Foss^b, Myriam de Lima Isaac^a
e Adriana Ribeiro Tavares Anastasio^a

^a Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), Departamento de Oftalmologia, Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço, Ribeirão Preto, SP, Brasil

^b Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), Divisões de Endocrinologia e Metabologia e Nutrição, Ribeirão Preto, SP, Brasil

Recebido em 5 de maio de 2016; aceito em 17 de julho de 2016
Disponível na Internet em 26 de junho de 2017

KEYWORDS

Type 1 diabetes mellitus;
Speech perception;
Hearing;
Auditory perception

Abstract

Introduction: Diabetes mellitus (DM) is a chronic metabolic disorder of various origins that occurs when the pancreas fails to produce insulin in sufficient quantities or when the organism fails to respond to this hormone in an efficient manner.

Objective: To evaluate the speech recognition in subjects with type I diabetes mellitus (DMI) in quiet and in competitive noise.

Methods: It was a descriptive, observational and cross-section study. We included 40 participants of both genders aged 18–30 years, divided into a control group (CG) of 20 healthy subjects with no complaints or auditory changes, paired for age and gender with the study group, consisting of 20 subjects with a diagnosis of DMI. First, we applied basic audiological evaluations (pure tone audiometry, speech audiometry and immittance audiometry) for all subjects; after these evaluations, we applied Sentence Recognition Threshold in Quiet (SRTQ) and Sentence Recognition Threshold in Noise (SRTN) in free field, using the List of Sentences in Portuguese test.

Results: All subjects showed normal bilateral pure tone threshold, compatible speech audiometry and A tympanometry curve. Group comparison revealed a statistically significant difference for SRTQ ($p = 0.0001$), SRTN ($p < 0.0001$) and the signal-to-noise ratio ($p < 0.0001$).

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.07.003>

[☆] Como citar este artigo: Silva BC, Mantello EB, Freitas MC, Foss MC, Isaac ML, Anastasio AR. Speech perception performance in subjects with type I diabetes mellitus of noise. Braz J Otorhinolaryngol. 2017;83:574–9.

* Autor para correspondência.

E-mail: erikafga@yahoo.com.br (E.B. Mantello).

A revisão por pares é da responsabilidade da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

PALAVRAS CHAVE

Diabetes mellitus
tipo I;
Percepção de fala;
Audição;
Percepção auditiva

Conclusion: The performance of DMI subjects in SRTQ and SRTN was worse compared to the subjects without diabetes.

© 2016 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Desempenho da percepção de fala no ruído em indivíduos com *diabetes mellitus* tipo I**Resumo**

Introdução: O *diabetes mellitus* (DM) é um distúrbio metabólico crônico de várias origens, que ocorre quando o pâncreas deixa de produzir insulina em quantidade suficiente ou quando o organismo não consegue responder a esse hormônio de maneira eficiente.

Objetivo: Avaliar o reconhecimento de fala em indivíduos com *diabetes mellitus* tipo I (DMI) no silêncio e no ruído competitivo.

Método: Estudo descritivo, observacional e transversal. Foram incluídos 40 participantes de ambos os sexos entre 18 e 30 anos, divididos em um grupo controle (GC) de 20 indivíduos saudáveis sem queixas ou alterações auditivas, pareados por idade e sexo com o grupo de estudo, composto por 20 indivíduos com diagnóstico de DMI. Inicialmente aplicou-se uma avaliação audiológica (audiometria tonal, logaudiometria e imitanciometria) para todos os indivíduos; a seguir, os mesmos foram avaliados para o Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Silêncio (LRSS) e Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Ruído (LRSR), em campo livre, por meio do teste Lista de Sentenças em Português.

Resultados: Todos os participantes apresentaram audiometria tonal dentro dos padrões de normalidade bilateralmente, logaudiometria compatível e curva timpanométrica do tipo A. A comparação dos grupos revelou uma diferença estatisticamente significativa para LRSS ($p = 0,0001$), LRSR ($p < 0,0001$) e a relação sinal-ruído ($p < 0,0001$).

Conclusões: O desempenho dos indivíduos com DMI para LRSS e LRSR foi pior em comparação com os indivíduos sem diabetes.

© 2016 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introdução

O *diabetes mellitus* (DM) é uma doença metabólica crônica de várias origens, que tem início quando o pâncreas deixa de produzir insulina em quantidade suficiente ou quando o organismo não consegue responder a esse hormônio de maneira eficiente. Isso leva a uma condição caracterizada por hiperglicemia, que pode danificar determinados órgãos, especialmente os olhos, rins, nervos, o coração e os vasos sanguíneos.^{1,2}

Uma das consequências menos exploradas ou relatadas para pacientes com diabetes é a disfunção do órgão auditivo.³ Os pacientes com DMI não secretam insulina endógena ou o fazem de maneira reduzida devido à destruição das suas células beta pancreáticas. Essa situação afeta cerca de 20% dos casos e é mais comumente identificada em crianças e adolescentes.² No Brasil não há estudos que relatem a prevalência exata das complicações crônicas em pacientes diabéticos, tais como retinopatia, nefropatia, neuropatia, hipertensão arterial, alterações cardiovasculares e sintomas otoneurológicos, como zumbido, vertigem e perda auditiva.⁴⁻⁶ Isso pode ser causado por dois fatores específicos: pessoas acometidas que não têm consciência de

suas doenças e o fato de que, embora cientes de seus distúrbios metabólicos crônicos, vários indivíduos acometidos não procuram cuidados médicos.⁴

Alguns estudos tiveram como objetivo determinar a relação entre DM e perda auditiva, mas não há consenso na literatura internacional sobre a correlação entre essas duas condições. Nenhuma relação de causa-efeito definitiva foi confirmada entre diabetes e surdez e ainda há controvérsias sobre os achados audiológicos e histopatológicos atribuídos ao diabetes.^{2,3,7-9}

Alterações na função auditiva de pacientes diabéticos foram identificadas por meio de avaliações de audiometria,⁷⁻¹⁰ através de emissões otoacústicas¹¹⁻¹⁴ e por meio de potenciais evocados auditivos do tronco encefálico.^{8,12,13,15-17} Vários estudos investigaram o mecanismo pelo qual as alterações nos níveis de glicose e insulina poderiam produzir alterações na percepção auditiva e na função vestibular. Estruturas do labirinto, especialmente a estria vascular, são conhecidas por fazer um mecanismo metabólico intenso, são assim susceptíveis a variações dos níveis de oxigênio e glicose e à disponibilidade de trifosfato de adenosina em relação à conservação do potencial endococlear. Assim, o metabolismo da glicose influencia

significativamente o desempenho normal da orelha interna, considerando que tanto a hipoglicemia como a hiperglicemia poderiam prejudicar o seu funcionamento adequado.^{18,19}

Atualmente não existe consenso na literatura internacional sobre a etiopatogenia da perda auditiva em diabéticos. Alguns pesquisadores têm argumentado que alterações auditivas podem ocorrer devido a neuropatia, enquanto outros alegam que elas ocorrem devido a angiopatia. Algumas investigações também associam as duas causas.^{7-13,15-19}

A integridade periférica e central do sistema auditivo é essencial para uma percepção de fala apropriada. A maioria das perdas auditivas neurossensoriais inicialmente afeta frequências ultra-altas, necessárias para a discriminação consonantal e o reconhecimento de fala. A deficiência da percepção de fala ocorre porque, embora sons de vogais sejam compostos por muita energia, eles fornecem informações acústicas precárias, enquanto sons consonantais, embora envolvam pouca energia, são ricos em pistas acústicas. Os sons consonantais são importantes pois apresentam qualidade tonal de alta frequência e são essenciais para a compreensão auditiva.²⁰

Também deve ser salientado que mesmo indivíduos com audição normal podem apresentar comprometimento do reconhecimento de fala em situações de relação sinal-ruído (S/R) adversas.^{21,22}

Testes de reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído possibilitam medições mais diretas para as habilidades de comunicação dos indivíduos,²³⁻²⁵ representam assim valiosas ferramentas de avaliação audiológica para a análise das habilidades auditivas em situações semelhantes a experiências auditivas diárias.²⁶⁻²⁸

O estudo teve como objetivo avaliar o reconhecimento de fala em indivíduos com DM tipo I no silêncio e no ruído competitivo.

Método

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da instituição envolvida (protocolo número 12.609/2012). A aplicação dos exames audiológicos durou, em média, uma hora e 30 minutos e foi concluída em um único dia.

Pacientes

Estudo descritivo, observacional e transversal feito com 40 indivíduos de ambos os sexos entre 18-30 anos. Os participantes foram divididos em dois grupos: Grupo Controle (GC), 20 adultos jovens saudáveis sem queixas auditivas ou alterações e sem doenças sistêmicas; e Grupo de Estudo (GE), 20 pacientes com diagnóstico de DM tipo I, pareados por idade e sexo com o grupo controle.

O GC foi recrutado por meio de cartazes pendurados nas paredes da Faculdade de Medicina e de convites feitos às pessoas que acompanham os pacientes, enquanto os indivíduos do GE foram recrutados no Ambulatório de Endocrinologia da instituição envolvida.

Os critérios de exclusão para ambos os grupos foram: história de exposição contínua a níveis elevados de pressão sonora, história de otite média repetida e/ou crônica, cirurgia otológica, traumatismo de osso temporal, uso

prolongado de fármacos ototóxicos, perda auditiva condutiva, mista ou neurossensorial de grau leve a profundo.

Material e procedimentos

Todos os participantes foram primeiramente submetidos a entrevista clínica e inspeção do meato acústico externo, seguidas por avaliação audiológica básica que consistia em Audiometria Tonal Limiar (ATL) (250-8000Hz), Logaudiometria (Pesquisa do Limiar de Reconhecimento de Fala – LRF e do Índice Percentual de Reconhecimento de Fala – IPRF) e Medidas da Imitância Acústica. A logaudiometria foi feita sob fones de ouvido e a viva voz.²⁹ A imitanciometria foi feita para descartar qualquer doença da orelha média.

Todos os procedimentos foram feitos em cabine audiométrica, com audiômetro digital de dois canais (modelo AC40, Interacoustics), fones auriculares (TDH39P, Telephonics®); um sistema de amplificação para audiometria em campo livre, alimentação 110/220 Volts AC, 50/60 Hz, potência das caixas de 100 Watts cada e imitancímetro (Otoflex 100, GN Resound) com fones de inserção (EAR Tone 3A).

Após a avaliação audiológica básica foi aplicado o teste Lista de Sentenças em Português – LSP. O teste LSP é constituído por uma lista de 25 sentenças em português brasileiro (Lista 1A); sete listas com 10 sentenças cada uma (1B a 7B) e o ruído com espectro de fala.²⁸ As sentenças e o ruído foram gravados em canais independentes em um CD e foram executadas em um CD Player Panasonic digital, modelo SL-SX430 acoplado ao audiômetro. Um instrumento medidor de nível de pressão sonora digital, modelo Instrutherm DEC-420, foi usado para determinar o Nível de Pressão Sonora (NPS) das frases e dos ruídos em campo livre. Para estabelecer os parâmetros de calibração do canal das sentenças foi usado como referência o tom puro presente na primeira faixa do CD, no canal um. O ruído, por sua vez, por se tratar de um som contínuo, teve o próprio ruído como referência para a calibração. A saída de cada canal foi calibrada com o *VU-meter* do audiômetro, colocou-se no nível zero tanto o tom puro (canal 1) quanto o ruído (canal 2).

O LSP foi pesquisado em campo livre, em cabina audiométrica, com o participante posicionado a um metro da fonte sonora, na condição 0° azimuth sem deslocamentos no plano horizontal ou vertical. O participante foi orientado a repetir cada sentença da maneira que a compreendia, logo após a apresentação. Inicialmente, foi feito um treinamento para familiarização do participante com o teste e a compreensão da dinâmica. Os dados da fase de treinamento não foram considerados na análise dos resultados.

Na fase de teste, a resposta foi considerada correta quando o indivíduo era capaz de repetir a frase apresentada na íntegra, sem erros ou omissões. Assim, quando a resposta era correta, a intensidade da frase era reduzida em 4 dB. O uso de intervalos de 4 dB é recomendado para a apresentação do estímulo até que a primeira mudança no tipo de resposta ocorra e, em seguida, intervalos de 2 dB até o fim da lista. Esse procedimento foi seguido para as medições no silêncio (Lista 1B) e no ruído (Lista 2B) e os níveis de apresentação de cada sentença foram registrados. Como resultado final do teste é usada a média entre os níveis de intensidade de apresentação da sentença, calculada a partir do nível de apresentação que ocorreu à primeira

mudança no tipo de resposta até o nível de apresentação da última sentença da lista. Para obtenção da relação S/R, subtraiu-se o nível de intensidade de apresentação do ruído (fixo em 65 dBNA) da intensidade média de apresentação das sentenças. Dessa forma a relação S/R correspondeu à diferença, em dB, entre o valor do LRSR e o valor do ruído competitivo. A relação S/R foi caracterizada na situação na qual o participante foi capaz de reconhecer em torno de 50% das sentenças apresentadas. O uso de listas diferentes pretendeu eliminar a possibilidade de melhor desempenho devido à memorização das sentenças.²⁸

Análise estatística

Os limiares audiométricos médios foram analisados de acordo com as frequências de banda, ou seja, L1 (250 Hz a 1 kHz), L2 (2-4 kHz) e L3 (6-8 kHz). A análise de variância (Anova) com medidas repetidas foi usada para comparar os limiares audiométricos, os limiares de recepção de fala e o índice de reconhecimento de fala entre os dois grupos.

Na comparação das médias do Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Silêncio (LRSS) e do Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Ruído (LRSR) intragrupos foi usado o teste *t* de Student para dados quantitativos pareados, enquanto que para comparar as médias do LRSS e do LRSR intergrupos usou-se o teste *t* de Student para dados independentes. O nível de significância foi fixado em 5%.

Resultados

Foram avaliados 40 participantes, entre 18-30 anos (23 em média): 20 diabéticos tipo I e 20 saudáveis do grupo controle, pareados por idade e sexo. A duração da doença foi < 5 anos em 15%, 5-15 anos em 55% e > 15 anos em 30% dos pacientes, respectivamente.

Todos os participantes apresentaram limiares audiométricos bilaterais normais.²⁹ Quando os limiares audiométricos, os limiares de recepção de fala e o índice de reconhecimento de fala foram comparados entre as orelhas direita e esquerda dos dois grupos, não houve evidência de uma diferença estatisticamente significativa (Anova), o que possibilitou o acúmulo dos resultados para cada orelha em uma única amostra.

Não houve evidência de diferença estatística entre os limiares audiométricos, por bandas de frequências, entre ambos os grupos (250 Hz a 1 kHz, $p = 0,12$; 2-4 kHz, $p = 0,79$; e 6-8 kHz, $p = 0,89$).

Os testes logaudiométricos foram compatíveis aos limiares da audiometria tonal limiar, fato esse esperado à medida que ambos os grupos apresentavam acuidade auditiva normal.²⁹

Todos os participantes apresentaram uma curva de timpanometria do tipo A, indicava mobilidade normal do sistema timpano-ossicular.³⁰

A média do LRSS, do LRSR e da relação S/R para o GC foi de 25,79; 49,03 e -15,96 dBNA e para o GE de 35,69; 62,62 e -2,38 dBNA respectivamente.

Houve diferença significativa ($p = 0,0001$) quando da comparação das médias dos LRSS e do LRSR, entre o GC e o GE (figs. 1 e 2).

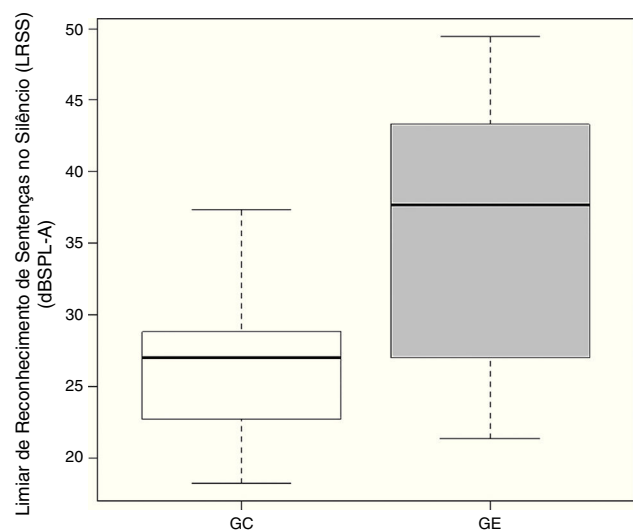


Figura 1 Comparação das médias do LRSS entre o GC e o GE. Nota: Grupo Controle (GC); Grupo de Estudo (GE).

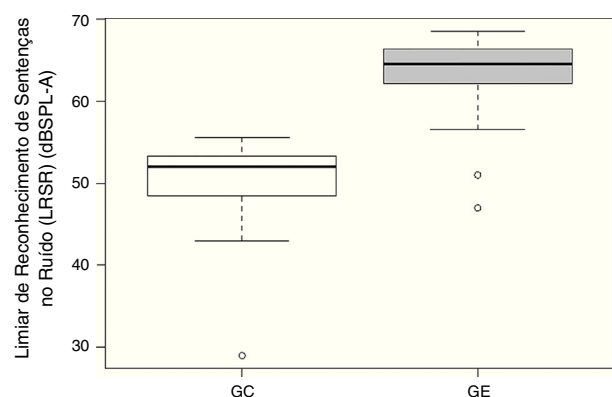


Figura 2 Comparação das médias dos LRSR entre o GC e o GE. Nota: Grupo Controle (GC); Grupo de Estudo (GE).

Houve diferença significativa ($p < 0,0001$) quando comparada a relação Sinal/Ruído entre o GC e o GE (fig. 3).

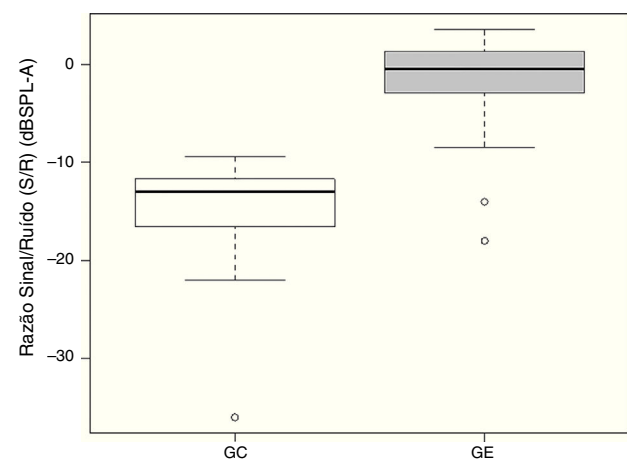


Figura 3 Comparação das relações S/R entre o GC e o GE. Nota: Grupo Controle (GC); Grupo de Estudo (GE).

Na comparação entre as médias dos LRSS e dos LRSR intra-grupos para todos os participantes ($n = 80$ orelhas), por meio do teste t de Student, ocorreu diferença significativa ($p < 0,0001$).

Discussão

Não há consenso na literatura especializada do ponto de vista audiológico e histopatológico em relação à correlação de DM com perda auditiva, ou seja, não há evidência científica suficiente para caracterizar uma relação nítida de causa-efeito.

Vários estudos investigaram se há perda auditiva inerente ao DM e quais os fatores poderiam ser associados a essa perda de audição. Os estudos são controversos e altamente variáveis quanto à incidência de perda auditiva em pacientes com diabetes.⁵

No presente estudo não houve diferença entre as médias dos limiares auditivos tonais entre os participantes diabéticos e o grupo controle.

Em um estudo sobre a influência do DM I sob a audição em adultos jovens, Doricci⁶ aplicou a audiometria tonal limiar em participantes hígidos e diabéticos e encontrou um aumento estatisticamente significativo na média dos limiares audiométricos em todas as frequências pesquisadas.

Marchiori e Gibrin³¹ identificaram um maior número de indivíduos diabéticos com perda auditiva em comparação com indivíduos saudáveis. No entanto, a sua amostra consistiu em pacientes entre 33-84 anos, em contraste com o presente exemplo, que consistiu em indivíduos jovens com média de 23 anos.

De acordo com Maia e Campos,⁵ o declínio da acuidade auditiva em indivíduos diabéticos idosos é ainda maior do que o esperado para a sua idade por causa da presbiacusia.

Quando indivíduos jovens com DMI, com curta duração da doença e sem manifestações auditivas clínicas evidentes foram avaliados, verificou-se que seus limiares tonais eram significativamente maiores em altas frequências e parcialmente mais altos em frequências médias em comparação com indivíduos saudáveis.³ Achados semelhantes foram obtidos em outros estudos.^{1-3,5,6}

Henriques e Costa³² alertaram para o fato de que a obtenção dos limiares tonais e testes com palavras isoladas não são suficientes para uma constatação mais ampla e fidedigna da capacidade comunicativa de um indivíduo. Frente a isso, é de suma importância a realização de testes de reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído, uma vez que esses possibilitam a análise das habilidades auditivas em situações que se aproximam das experiências auditivas reais e diárias.

Houve neste estudo diferença estatisticamente significativa para as médias dos LRSS, dos LRSR e das relações S/R entre os participantes com e sem DM I. Não foram encontrados na literatura consultada estudos que tenham investigado a percepção da fala no silêncio e no ruído em participantes diabéticos, por meio da aplicação do teste LSP.²⁰ Testes de percepção de fala em participantes com DM I foram aplicados com palavras monossílabas no silêncio e no ruído. A habilidade de percepção de fala nesses sujeitos esteve diminuída para palavras no silêncio e particularmente, na presença do ruído, em relação ao grupo

controle com escores 20% menores.³³ Esses resultados corroboraram a importância da análise da percepção de fala com ruído competitivo, embora o uso de sentenças seja mais apropriado como material que mais se aproxima do dia a dia dos participantes.

As habilidades auditivas de resolução temporal dos indivíduos com DMI podem ser prejudicadas e podem assim explicar como esses indivíduos são menos capazes de usar períodos relativamente rápidos de silêncio em meio a ruído ambiente oscilante para compreender o sinal da fala.^{33,34} A diferença estatisticamente significativa observada nos testes de reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído aplicados aos participantes com e sem DMI na ausência de queixas auditivas, perda auditiva ou ambas revela que o comprometimento da percepção da fala em ambos os contextos (silêncio e ruído) pode ocorrer devido a alterações no funcionamento do sistema auditivo central, como uma consequência do DM. Mais estudos são necessários para investigar a percepção de fala com uma mensagem competitiva em indivíduos diabéticos.

A diferença entre o reconhecimento de sentenças na presença ou não de ruído também foi observada no grupo controle. Jovens normo-ouvintes e sem queixas clínicas de dificuldades na compreensão da fala podem apresentar prejuízos no reconhecimento dessa, nas situações em que a relação sinal/ruído (S/R) for desfavorável. Essa dificuldade pode ser atribuída, em parte, aos efeitos negativos do ruído na sincronia neural, que resulta em uma representação degradada da fala nos níveis cortical e subcortical.³⁵

Quando a avaliação ocorre no ruído, ao contrário do silêncio, são exigidas diversas habilidades auditivas para alcançar o mesmo nível de reconhecimento de fala, o que demonstra que informações sensoriais mais detalhadas são necessárias em condições de escuta difícil.³⁶ Mais estudos são necessários para elucidar a presença de comprometimento do sistema auditivo periférico e central, especialmente em relação a possíveis danos ao reconhecimento de fala para diferentes condições de escuta em indivíduos diabéticos. O acompanhamento audiológico de indivíduos com DM é recomendado.

Conclusão

O desempenho no reconhecimento de fala no silêncio e na presença de ruído competitivo foi pior nos participantes com *diabetes mellitus* tipo I quando comparados com os participantes sem diabetes.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

Bolsa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp): 2012/07490-0.

Referências

1. American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2007;30:42-7.

2. American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2010;33:62–9.
3. Dabrowski M, Mielnik-Niedzielka G, Nowakowski A. Involvement of the auditory organ in type 1 diabetes mellitus. *J Endocrinol*. 2011;2:138–44.
4. Gross JL, Nehme M. Detecção e tratamento das complicações crônicas do diabetes melito: Consenso da Sociedade Brasileira de Diabetes e Conselho Brasileiro de Oftalmologia. *Rev Assoc Med Bras*. 1999;3:279–84.
5. Maia CAS, Campos CAH. *Diabetes mellitus* como causa de perda auditiva. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2005;71:208–14.
6. Doricci GP. Achados audiológicos em portadores de *diabetes mellitus* insulino-dependentes. Ribeirão Preto: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo; 2008. p. 106. Dissertação de mestrado.
7. Virtaniemi J, Laakso M, Nuutinen J, Karjalainen S, Vartiainen E. Hearing thresholds in insulin dependent diabetic patients. *J Laryngol Otol*. 1994;108:837–41.
8. Pessin ABB, Martins RHG, Pimenta WDP, Simoes ACP, Marsiglia A, Amaral AV, et al. Auditory evaluation in patients with type 1 diabetes. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2008;117:366–70.
9. Pudar G, Vlaški L, Filipović D, Tanackov I. Correlation of hearing function findings in patients suffering from diabetes mellitus type 1 in regard to age and gender. *Med Pregl*. 2009;62:395–401.
10. Elamin A, Fadlallah M, Tuvemo T. Hearing loss in children with type 1 diabetes. *Indian Pediatr*. 2005;42:15–21.
11. Di Leo MA, Di Nardo W, Cercione S, Ciervo A, Lo Monaco M, Greco AV, et al. Cochlear dysfunction in IDDM patients with subclinical peripheral neuropathy. *Diabetes Care*. 1997;20:824–8.
12. Lisowska G, Namyslowski G, Morawski K, Strojek K. Early identification of hearing impairment in patients with type 1 diabetes mellitus. *Otol Neurotol*. 2001;22:316–20.
13. Ottaviani F, Dozio N, Neglia CB, Riccio S, Scavini M. Absence of otoacoustic emissions in insulin-dependent diabetic patients. Is there evidence for diabetic cochleopathy? *J Diabetes Complic*. 2002;16:338–43.
14. Hilali AV, Boulton A. A study of otoacoustic emissions in type 1 diabetes mellitus. *Audiol Med*. 2003;1:255–60.
15. Virtaniemi J, Laakso M, Kärjä J, Nuutinen J, Karjalainen S. Auditory brainstem latencies in type 1 (insulin-dependent) diabetic patients. *Am J Otolaryngol*. 1993;14:413–8.
16. Rance G, Ryan MM, Bayliss K, Gill K, O'Sullivan C, Whitchurch M, et al. Auditory function in children with Charcot-Marie-Tooth disease. *Brain*. 2012;35:1412–22.
17. Niedzielska G, Katska E. ABR disturbances in children with insulin-dependent diabetes mellitus. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1998;44:1–4.
18. Bittar RSM, Sanchez TG, Santoro PP, Medeiros IRT. O metabolismo da glicose e o ouvido interno. *Arquivos Int Otorrinolaringol*. 1998;1:4–8.
19. Lavinsky M, Wolff FH, Lavinsky L. Estudo de 100 pacientes com clínica sugestiva de hipoglicemia e manifestações de vertigem, surdez e zumbido. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2000;7:8–12.
20. Rissato MR, Santos TMM. Limiares tonais em frequências ultra-altas e reconhecimento de fala de portadores de perda auditiva neurosensorial. *Rev CEFAC*. 2003;5:279–83.
21. Caporali SA, Silva JA. Reconhecimento de fala no ruído em jovens e idosos com perda auditiva. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2004;70:525–32.
22. Becker KT, Costa MJ, Lautenschlager L, Tochetto TM, Santos SN. Reconhecimento de fala em indivíduos com e sem queixa clínica de dificuldade para entender a fala no ruído. *Arquivos Int Otorrinolaringol*. 2011;15:276–82.
23. Plomp R, Mimpen AM. Improving the reliability of testing the speech reception threshold for sentences. *Audiology*. 1979;18:43–52.
24. Hagerman B. Efficiency of speech audiometry and others tests. *Br J Audiol*. 1993;27:423–5.
25. Cervera T, Gonzalez-Albernaz J. Test of Spanish sentences to measure speech intelligibility in noise conditions. *Behav Res*. 2011;43:459–67.
26. Henriques MO, Miranda EC, Costa MJ. Limiares de reconhecimento de sentenças no ruído, em campo livre: valores de referência para adultos normo-ouvintes. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2008;74:188–92.
27. Henriques MO, Costa MJA. Limiares de reconhecimento de sentenças em indivíduos normo-ouvintes na presença de ruído incidente de diferentes ângulos. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2011;16:54–8.
28. Costa MJ. Lista de sentenças em português: apresentação e estratégias de aplicação na audiolgia. 1998. Santa Maria: Palotti; 1998. p. 26–36.
29. Santos TMM, Russo ICP. A prática da audiolgia clínica. São Paulo: Cortez Editora; 1986. p. 232.
30. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol*. 1970;92:311–24.
31. Marchiori LLM, Gibrin PCD. *Diabetes mellitus*: prevalência de alterações auditivas. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2003;47:82–6.
32. Henriques MO, Costa MJ. Reconhecimento de sentenças no ruído, em campo livre, em indivíduos com e sem perda auditiva. *Rev CEFAC*. 2011;13:1040–7.
33. Rance G, Chisari D, O'Hare F, Roberts L, Shaw J, Jandeleit-Dahm K, et al. Auditory neuropathy in individuals with type 1 diabetes. *J Neurol*. 2014;261:1531–6.
34. Zeng FG, Kong YY, Michalewski HJ, Starr A. Perceptual consequences of disrupted auditory nerve activity. *J Neurophysiol*. 2005;93:3050–63.
35. Anderson S, Skoe E, Chandrasekaran B, Kraus N. Neural timing is linked to speech perception in noise. *J Neurosci*. 2010;30:4922–6.
36. Ziegler JC, Pech-George C, George F, Lorenzi C. Speech perception in noise deficits in dyslexia. *Dev Sci*. 2009;12:732–45.